DRESSURVERSUCHE AN RATTEN ZUR ANALYSE EINER ERLERNTEN REIZSITUATION

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Rudolf Averbeck
aus ~~Göttingen~~
Osnabrück

Göttingen 1975

DRESSURVERSUCHE AN RATTEN ZUR ANALYSE EINER ERLERNTEN REIZSITUATION

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von
Rudolf Averbeck
aus ~~Göttingen~~
Osnabrück

Göttingen 1975

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

D 7
Referent: Prof. Dr. P. Kuenzer
Koreferent: Prof. Dr. P. Ax
Tag der mündlichen Prüfung: 31.10.75

Inhalt

1. Einleitung	Seite	3
2. Material und Methode	"	5
3. Gruppe A:		
a) Dressur	"	9
b) Tests	"	13
c) Zusammenfassung	"	29
4. Gruppe B:		
a) Dressur	"	3o
b) Tests	"	33
c) Zusammenfassung	"	41
5. Gruppe C:		
a) Dressur	"	42
b) Tests	"	44
c) Zusammenfassung	"	48
6. Diskussion	"	49
7. Zusammenfassung	"	51
8. Literatur	"	53
9. Lebenslauf	"	56

An dieser Stelle möchte ich meinem sehr verehrten Lehrer Herrn Professor Dr. P. Kuenzer für sein lebhaftes Interesse an meiner Arbeit danken. In ausführlichen Gesprächen gab er mir viele wertvolle Hinweise, die für das Gelingen meiner Untersuchungen von großem Nutzen waren. Mein besonderer Dank gilt auch Herrn Professor Dr. P. Ax, der mir durch die Bereitstellung geeigneter Räumlichkeiten in seinem Institut ein störungsfreies Arbeiten ermöglichte.

Rudolf Averbeck

1. Einleitung

In den letzten Jahrzehnten wurden mannigfache Untersuchungen über das optische Differenzierungsvermögen bei Vertretern verschiedenster Tierstämme angestellt. Dabei erkannte schon HERTER (1929, 1930), daß z.B. Ellritzen "Ähnlichkeiten" zwischen verschiedenen Formen erfassen und ähnlichen optischen Täuschungen unterliegen können wie Menschen.
Wenngleich die Sinnes- und Lernleistungen auch bei Wirbeltieren inzwischen häufig Ansatzpunkte für ethologische Arbeiten boten, gibt es noch heute Detailfragen zu diesem Komplex.
In Anbetracht der als gesichert geltenden Ergebnisse ging es mir zunächst um die Frage, an welchen Merkmalen eine erlernte Reizsituation wiedererkannt wird. LORENZ (1937) sieht den Unterschied zwischen erlernten und angeborenen Schemata darin, daß erstere im allgemeinen sehr merkmalsreich und letztere merkmalsarm sind. Damit eine erlernte Situation wiedererkannt wird und somit reaktionsauslösend wirkt, muß nach LORENZ (1939) die Gesamtheit aller Einzelmerkmale erhalten sein. Seine "Faustregel" zur Unterscheidung angeborener von erlernten Auslösemechanismen lautet dementsprechend: "Wo die Reaktion auf einfache Attrappen hereinfällt, dort handelt es sich um das Ansprechen angeborener Auslösemechanismen; wo sie nicht in dieser Weise täuschbar ist, um andressiertes Wiedererkennen der Gestalt" (LORENZ, 1954). Ich wollte prüfen, ob ein erlerntes Zeichen nur dann wiedererkannt wird, wenn es völlig unverändert bleibt. Weiterhin galt es zu untersuchen, ob die Reizsummenregel (SEITZ, 1940) auch auf erlernte Reizsituationen anwendbar ist.

Es ist nicht meine Absicht, hier ausführlich auf diese Regel einzugehen. Ich möchte sie nur soweit erläutern, wie es für das notwendige Verständnis erforderlich scheint.
Nach der Reizsummenregel wirkt jedes einzelne Merkmal unabhängig von den anderen reaktionsauslösend. Die Reaktion wird verstärkt je mehr reaktionsauslösende Merkmale vorhanden sind. Sie wirken summativ zusammen. Durch Erhaltung aller Einzelreize unter zusätzlicher Verstärkung einzelner Merkmale ist es sogar möglich, ein "supernormales Objekt" zu entwickeln, welches besonders heftige Reaktionen auslöst (LEYHAUSEN, 1967). Die Reizsummenregel gilt im ethologischen Schrifttum als Nachweis für angeborene Auslösemechanismen. BAERENDS, BRIL und BULT (1964) versuchten, die Reizsummenregel auch im Zusammenhang mit erlernten Auslösemechanismen nachzuweisen. Ihr Versuchstier, ein Schweinsaffe (Macaca nemestrina), wurde darauf dressiert, unter einer mit einem bestimmten Muster versehenen Platte Futter zu suchen. Im folgenden Verlauf der Untersuchungen wurden dem Tier Platten vorgelegt, auf denen das Muster stufenweise abgebaut war. Die Ergebnisse dieser Versuchsreihen sprechen dafür, daß die Reizsummenregel auch auf erlernte Situationen anwendbar ist. Es gelang jedoch nicht, ein "supernormales Objekt" zu entwickeln.
Da diese Untersuchungen nur mit einem Tier unvollständig ausgeführt werden konnten, wollte ich mit leichter zu beschaffendem Tiermaterial in weiteren Versuchen eine entsprechende Problemstellung prüfen.
Es galt also, eine Dressur durchzuführen und danach festzustellen, an welchen Merkmalen das Objekt erkannt wurde.

2. Material und Methode

Für meine Versuche bezog ich aus dem Zentralinstitut für Versuchstierzucht Hannover fünfwöchige Jungratten vom Stamm DA. Es handelte sich dabei um wildfarbene Tiere, die sich sehr gut zähmen lassen. Etwa eine Woche vor Versuchsbeginn nahm ich die Tiere, die einzeln gehalten wurden, täglich aus den Käfigen, um sie an mich zu gewöhnen. Die "Kritische Distanz" (HEDIGER, 1934) nahm sehr schnell ab und nach wenigen Tagen waren die Tiere zahm. Ich hielt die Ratten deshalb einzeln, weil ich vermeiden wollte, daß sie während der Dressur oder der Tests aus dem Verband genommen werden mußten. Das hätte eine ungewohnte Situation bedeutet, die vielleicht das Verhalten der Tiere störend beeinflußt hätte. Außerdem waren die Tiere optisch nicht voneinander zu unterscheiden.
Ihre Käfige hatten eine Grundfläche von 6o x 3o cm, Sie bestanden aus einer Plastikwanne mit einem 2o cm hohen Gitteraufbau. So wurde gewährleistet, daß die Tiere in der versuchsfreien Zeit genügend Auslauf hatten und an den Gittern klettern konnten (HAGEMANN,1966).
Als die Ratten sieben Wochen alt waren, begann ich mit der Dressur, da nach HUBBERT (1915) und MAIER (1932) die beste Lernleistung zwischen dem 25.-9o. Tag nachzuweisen ist.
Die Tiere wurden ausschließlich mit Preßfutter und Wasser ernährt. Während der Dressur wurden sie zusätzlich mit Brotkrumen belohnt. Es handelte sich dabei um in Würfel geschnittene Weißbrotscheiben. Weißbrot hatte sich als besonders geeignet erwiesen, weil darin keine Körner mehr enthalten sind, mit denen sich die Tiere stets besonders lange beschäftigten und so den Ablauf der Versuche unnötig verzögerten.

Da die Tiere ständig ihre volle Futterration bekamen, waren sie gelegentlich nicht genügend motiviert, nur wegen der Belohnung die Versuchsapparatur zu durchlaufen. In derartigen Fällen bekamen sie einen Tag lang kein Futter. Die Lernleistung wurde dadurch nicht schlechter, und die Tiere arbeiteten am nächsten Tag intensiver.

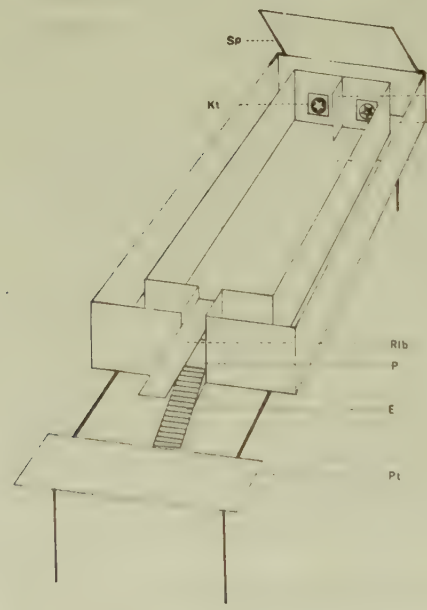


Abb. 1 Dressurapparatur
E Einstiegsleiter, Kt Klapptür, Lf Lauffläche, P Podest, Pt Protokolliertisch, Rlb Rücklaufbahn, Sp Spiegel, Tw Trennwand, Ulg Umlaufgang

Für meine Untersuchungen hatte ich eine Laufapparatur entworfen (Abb. 1). Die Versuchstiere mußten über eine Einstiegleiter (E), die im Winkel von 45° nach unten abgeknickt war, die Apparatur betreten. Die Einstiegleiter war 60 cm lang. Die Tiere gelangten dann auf einen Podest (P), von wo aus sie auf die Lauffläche (Lf) sprangen. Der Podest sollte die Tiere abbremsen. Vor dem Absprung verhielten die Ratten stets bevor sie weiterliefen. Die Lauffläche hatte eine Länge von 80 cm und war 50 cm breit. An ihrem Ende befand sich

eine Wand mit zwei Klapptüren (Kt). Sie waren so konzipiert, daß man an ihnen Schablonen mit Dressurzeichen oder später auch Testzeichen befestigen konnte. Die Schablonen bestanden aus schwarzem PVC, auf welches das Dressur- oder Testzeichen aufgeklebt wurde. Die Zeichen waren aus weißem D-c-Fix ausgeschnitten. Von der Mitte dieser Rückwand ragte eine Trennwand (Tw) 15 cm weit in die Lauffläche hinein. Sie sollte verhindern, daß die Tiere, wenn sie vor einer Klapptür standen, gleichzeitig das Zeichen in der anderen Tür sehen konnten. Da Ratten nach LASHLEY (1932) am besten in einem Abstand von 7,5 - 8 cm sehen können, mußten sie mit dem Kopf derart dicht an die Klapptüren, daß die Abschirmung durch die Trennwand gut funktionierte. Die Türen wurden von oben durch eine 2o Watt Neonlampe beleuchtet. Durch Riegel, die hinter den Türen angebracht waren, konnte man die Klappen zusperren, ohne daß die Ratten es von vorne sehen konnten. Wenn die Tiere durch eine Klapptür gelaufen waren, gelangten sie in den 15 cm breiten Umlaufgang (Ulg). Durch diesen Gang liefen sie zurück und sprangen auf das Rücklaufbrett (Rlb). Hier bekamen sie ihre Belohnung und wurden, nachdem sie gefressen hatten, wieder auf die Einlaufstiege gesetzt. Damit die Tiere auch beobachtet werden konnten, wenn sie sich hinter den Klapptüren aufhielten, war am hinteren Rand der Apparatur ein Spiegel (Sp) angebracht. Der Versuchsleiter saß während der Versuche hinter dem Protokolliertisch (Pt), um die Tiere nicht abzulenken. Die Ratten wurden jeweils darauf dressiert, zwei flächengleiche Zeichen unterschiedlicher Form voneinander zu unterscheiden. Um einer Seitenstetigkeit bei der Dressur vorzubeugen, wurden die Zeichen nach einer Zufallsverteilung abwechselnd rechts oder links angeboten (LINDER, 1956).

Alle Dressurzeichen waren weiß, da ich vermeiden wollte, daß spontane Farbbevorzugungen meine Tests beeinflußten. Auch hatte ich ähnlich wie OHM-KETTNER (1954) während meiner Vorversuche festgestellt, daß Farbmerkmalen ein größerer Reizwert zukommt als Formmerkmalen. Die Apparatur bestand aus Spanpreßplatten und war schwarz gestrichen. Zu Beginn der ersten Dressurreihe wurde die gesamte Apparatur mit alter Spreu aus den Rattenkäfigen bestreut. Die Spreu wurde einen Tag lang in der Apparatur belassen, damit diese einen den Ratten vertrauten Geruch annahm. Im weiteren Verlauf der Versuche wurden lediglich Kotballen entfernt. Markierungsspuren der Tiere konnten die Dressur nicht beeinflussen, da, wie schon erwähnt, die Dressurzeichen nach einer Zufallsverteilung angeboten wurden. Davon wurde lediglich abgesehen, wenn die Tiere spontan Seitenstetigkeit zeigten. In diesen Fällen arbeitete ich gegen die Bevorzugung, indem ich in der entsprechenden Klapptür mehrmals hintereinander das Negativzeichen, welches die Tiere meiden sollten, anbot. Lediglich die Schablonen mit den Dressur- oder Testzeichen wurden regelmäßig mit Wasser und Seife gereinigt.

Insgesamt wurden 13 Ratten dressiert. Sie waren in drei Gruppen aufgeteilt, die alle unterschiedlichen Dressurbedingungen unterlagen. Diese werden jeweils in den entsprechenden Kapiteln näher erläutert.

Sowohl die Dressurversuche als auch die Tests wurden zu unterschiedlichen Tageszeiten vorgenommen, um eine Gewöhnung der Tiere an bestimmte Arbeitszeiten zu vermeiden. Festgelegte Arbeitszeiten hätten nicht eingehalten werden können, weil die Versuche mit jedem Tier stets unterschiedlich lange dauerten, da die Ratten nicht mit konstanter Intensität arbeiteten. Die Auswertung aller Tests erfolgte nach dem X^2-Test. Bei Signifikanzen betrug $P<0,01$.

3. Gruppe A

a) Dressur

Positivzeichen: (PA)

Negativzeichen: (NA)

Die Gruppe A wurde einer Futterdressur unterzogen. Diese Gruppe bestand aus fünf Tieren. Es handelte sich um Wurfgeschwister (3 ♀♀ und 2 ♂♂).
Sie sollten lernen, ein weißes Kreuz von einer weißen Kreisscheibe zu unterscheiden und das Kreuz zu bevorzugen. Die Fläche beider Zeichen betrug je 2o cm^2.
Die Balken des Kreuzes waren 2 cm breit und 2 cm lang. Die Kreisscheibe hatte einen Durchmesser von 5,o2 cm. Ich hatte mich für symmetrische Formen entschieden, da bekannt ist, daß Wirbeltiere diese vor unregelmäßigen bevorzugen (RENSCH, 1957, 1958).
Um die Tiere zunächst mit der Apparatur vertraut zu machen, unterzog ich sie einer Vordressur. Während dieser Zeit hatte ich in beiden Klapptüren der Apparatur Schablonen mit dem Positivzeichen (Kreuz)befestigt. Beide Türen waren unverriegelt, und die Tiere lernten so, sie zu öffnen und zu durchlaufen. Die Vordressur dauerte 2o Tage, und es erwies sich dabei, daß drei der fünf Tiere eine starke Seitenbevorzugung der rechten Tür entwickelten. (Abb.2)
Am 21. Tag begann die Hauptdressur, in der den Tieren beide Dressurzeichen angeboten wurden. Die Tür mit dem Negativzeichen war stets verriegelt. Wenn die Tiere sich irrten und zum Negativzeichen liefen, konnten sie diese Klapptür nicht öffnen und mußten um die Trennwand herum zur anderen Tür laufen. Bestraft wurden sie nicht. Die Belohnung auf dem Rücklaufbrett bekamen sie in

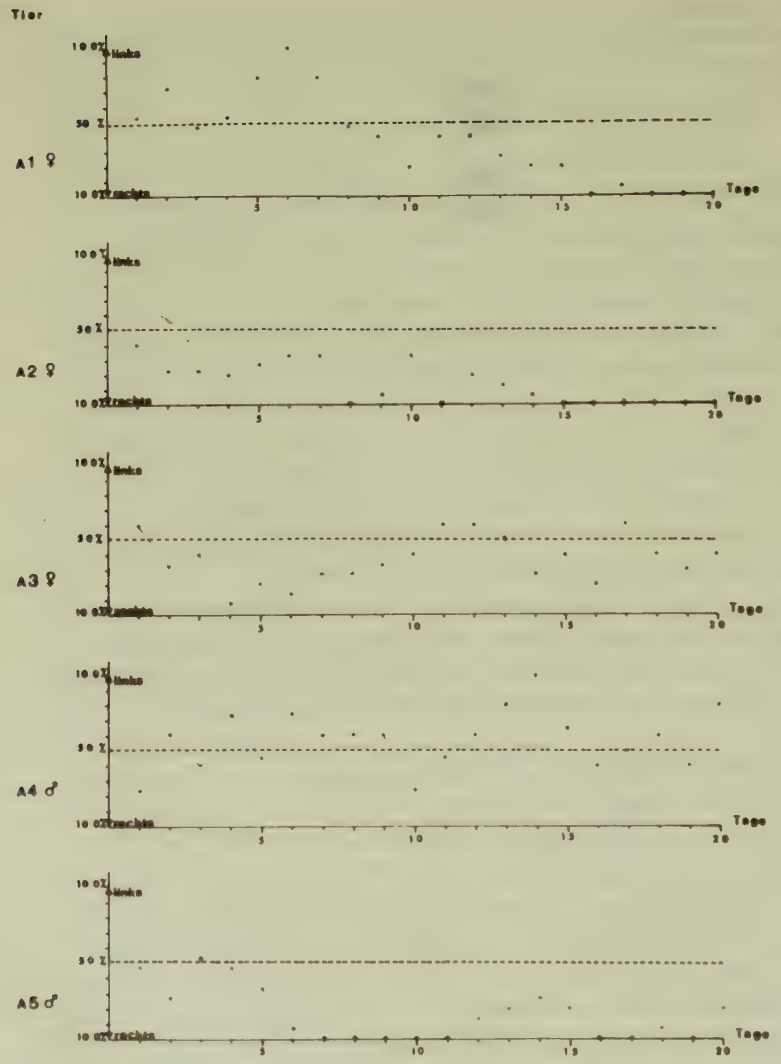


Abb. 2 Vordressurkurven der Gruppe A

beide Klapptüren unverriegelt

mit

Dressurzeichen

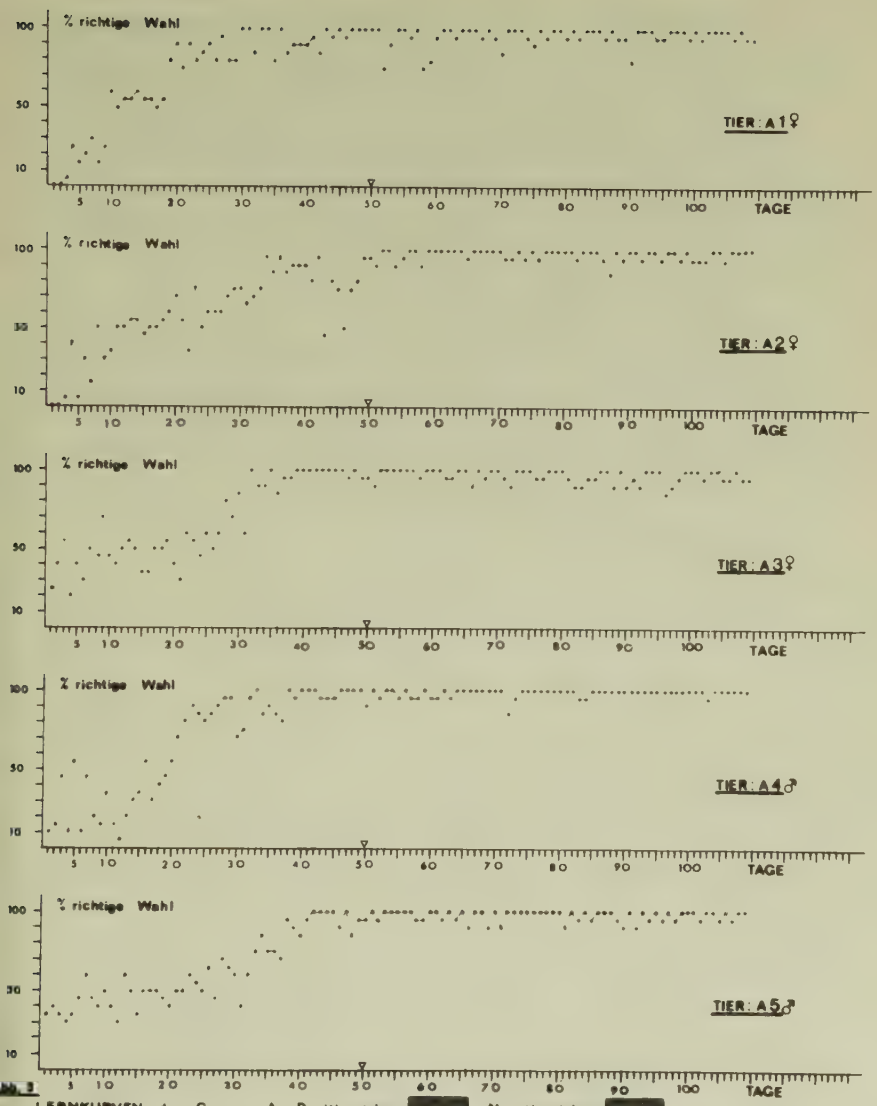


Abb. 3

LERNKURVEN der Gruppe A. Positivzeichen: ✚ Negativzeichen: ●

▽ Beginn der Tests

allen Fällen, um sie zur Mitarbeit zu motivieren. Die Lernkurven (Abb.3) zeigen, daß die Tiere A1 und A2 in den ersten beiden Tagen der Dressur völlig falsch liefen. Sie hatten in der Vordressur eine besonders konstante Seitenstetigkeit entwickelt, die erst überwunden werden mußte.
Die Ratten wurden täglich 2o mal durch die Apparatur geschickt. Das geschah immer in einer Sitzung.
Nach fünfzig Tagen beherrschten vier der fünf Tiere ihre Dressuraufgabe soweit, daß es mir berechtigt schien, mit den Tests zu beginnen. Das Leistungsniveau blieb auch konstant, wenn beide Klapptüren unverriegelt waren. Tier A2 lernte dann während der Tests noch dazu und erreichte das gleiche Leistungsniveau wie die anderen vier Tiere.

b) Tests

An den Tagen, an denen die Tiere der Gruppe A getestet wurden, bot ich zwischen den Tests regelmäßig die Dressurzeichen an, um zu verhindern, daß die Tiere sie vergaßen. Während der Tests waren jeweils beide Klapptüren geöffnet. Die Tiere bekamen auch in Testsituationen nach jedem Durchlauf ihre Belohnung.
Die Testzeichen wurden jeweils an einem Tag neben dem Positiv- und am folgenden neben dem Negativzeichen angeboten. So konnte ich den Reizwert der Testzeichen besser beurteilen. Auch sah ich in diesem Verfahren eine Möglichkeit, Fehlinterpretationen, die durch Neugierverhalten bedingt sein könnten, besser ausschließen zu können, als wenn ich z.B. das Testzeichen nur gegen ein Dressurzeichen angeboten hätte. (WUNSCHMANN, 1962). So bestand jede Untersuchung mit jedem Testzeichen gewissermaßen aus zwei Teilen.

1. Teil: Positivzeichen (P) gegen Testzeichen (T)
2. Teil: Negativzeichen (N) gegen Testzeichen (T)

Bei der gemeinsamen Betrachtung von Teil 1 und 2 ergeben sich fünf Reaktionstypen.

Abb. 4
Reaktionstyp A
P=Positivzeichen
N=Negativzeichen
T=Testzeichen

In den Abbildungen bedeuten weiße Pfeilspitzen eine ungesicherte und schwarze eine signifikante Bevorzugung des Zeichens, auf welches die Spitze jeweils zeigt. Ist der Reizwert zweier Zeichen gleichgroß, dann hat der Pfeil an jedem Ende eine weiße Spitze in den Abbildungen 4-8. Auf den Abbildungen, die die Testergebnisse wiedergeben, fehlen bei gleichem Reizwert beider Zeichen die weißen Spitzen, weil die Zahlen unter den Zeichen angeben, wie oft die Tiere jeweils dorthin

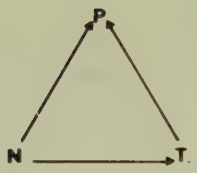


Abb. 5

Reaktionstyp B
P=Positivzeichen
N=Negativzeichen
T=Testzeichen

gelaufen sind. Da ich ein vorgedrucktes X^2-Diagramm für die Eintragungen der Testergebnisse benutzte, konnte ich immer sofort erkennen, wann ich genügend Ergebnisse für eine statistisch abgesicherte Aussage hatte. Die Beziehung zwischen Positiv- und Negativzeichen ist durch die Dressur gegeben. Die Tieren hatten gelernt, das Positivzeichen zu bevorzugen. In Fall A (Abb.4) mußte das Test- dem Negativzeichen sehr ähnlich sein, oder über ebensowenige reaktionsauslösende Merkmale verfügen. Dann wären die Tiere nicht in der Lage, zwischen N und T zu unterscheiden. Umso stärker wäre dann die Bevorzugung des Positivzeichens vor dem Testzeichen. Fall B(Abb.5) kennzeichnet eine Situation, in der das Testzeichen dem Negativzeichen unähnlich ist, aber reaktionsauslösende Elemente des Positivzeichens beinhaltet. T wirkt hier schwächer reaktionsauslösend als P. Sein Reizwert übertrifft aber den von N. Wird in Fall C (Abb.6) das Testzeichen dem Positivzeichen so ähnlich, daß die Tiere beide gleichgut anlaufen, dann resultiert daraus, daß sie das Negativzeichen bei einer Gegenüberstellung mit dem Testzeichen genauso stark meiden wie in der Situation Positiv-

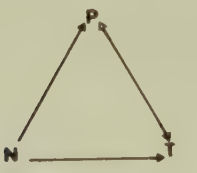


Abb. 6

Reaktionstyp C
P=Positivzeichen
N=Negativzeichen
T=Testzeichen

Abb. 7

Reaktionstyp D
P=Positivzeichen
N=Negativzeichen
T=Testzeichen

gegen Negativzeichen. In Fall D (Abb.7) ist das Testzeichen stärker reaktionsauslösend als das Positiv- und das Negativzeichen. Hier handelt es sich um ein "supernormales Objekt", welches dadurch entsteht, daß alle reaktionsauslösenden Merkmale des Positivzeichens erhalten sind. Zusätzlich wurden ein oder mehrere Einzelreize verstärkt. In Fall E (Abb.8) meiden die Tiere das Testzeichen sowohl im Vergleich mit dem Positiv- als auch im Vergleich mit dem Negativzeichen. Hier kann entweder eine spontane Abneigung gegen das Testzeichen vorliegen, oder eine dressurbedingte Ablehnung ist der Grund für dieses Verhalten. Die folgenden Abbildungen geben einen Überblick über die von mir durchgeführten Tests und ihre Ergebnisse. In den Tests 1-1o (Abb.9) wollte ich herausfinden, ob die Tiere sich an dem Grad der Offenheit verschiedener Testzeichen orientierten, wenn sie diese differenzieren sollten. Der Umfang des Testzeichens dividiert durch die Fläche galt als Maß für den Grad der Offenheit. In allen Testreihen wurde darauf geachtet, daß die Fläche der Testzeichen genau so groß war wie die der Dressurzeichen. Davon wurde lediglich abgewichen, wenn untersucht werden sollte, wie groß der Reizwert kleinerer oder verstümmelter Testzeichen ist. Auch bei der Suche nach einem "supernormalen Objekt" entsprach die Größe der Testzeichen nicht der, die die Dressurzeichen hatten. In den Tests 1-4 wurden "geschlossene" Testzeichen verwendet. D.h. die Zeichen waren kompakt und nicht stark gegliedert. Dadurch war ein geringer Umfang der Weißflächen bedingt.

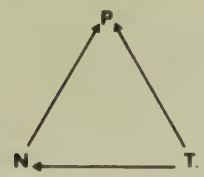


Abb. 8

Reaktionstyp E
P=Positivzeichen
N=Negativzeichen
T=Testzeichen

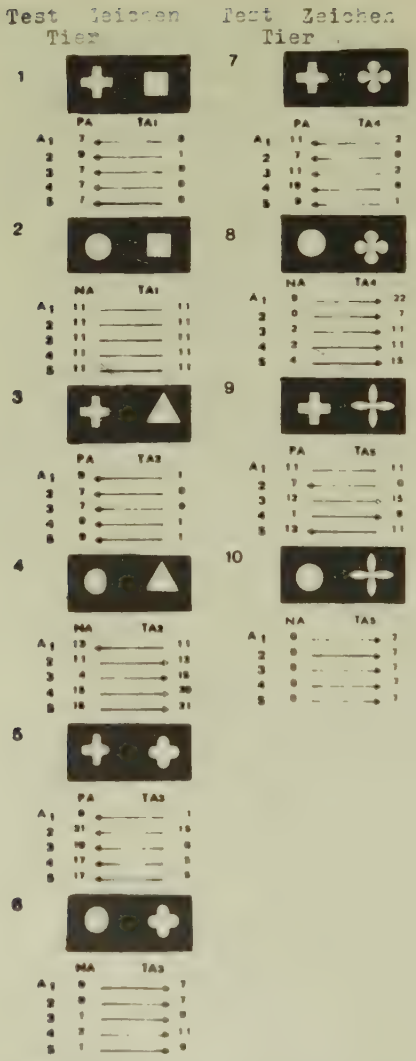


Abb. 9

Wahlversuche zwischen Dressur- und Testzeichen mit unterschiedlichen Offenheitsgraden

In Test 2 zeigte sich, daß die Ratten das Testzeichen TA1 nicht vom Negativzeichen (Kreis) unterschieden. Sie bevorzugten daher eindeutig das Positivzeichen in Test 1. Ferner zeigt das Ergebnis von Test 2, daß ich eine Dressur auf das Positivzeichen erzielt hatte. Die Tiere liefen also deshalb zum Positivzeichen, weil sie gelernt hatten, daß sie hier schneller zu ihrer Belohnung gelangten, als wenn sie den Umweg über das Negativzeichen machten. Sie mieden letzteres aber nicht aus Angst. Hätten sie sich vor dem Negativzeichen gefürchtet, wären sie in Test 2 nicht bereitwillig abwechselnd zum Negativ- und Testzeichen gelaufen. TA2, das Dreieck, hat einen größeren Umfang als das Quadrat. Es wirkte stärker reaktionsauslösend als das Negativzeichen (Test 4). Auch in Test 3 wird die erhöhte Reizwirkung des Dreiecks deutlich. Wurde es nämlich neben dem Positivzeichen angeboten, irrten sich drei der fünf Tiere einmal. Noch stärker wird der Reizwert, wenn die Form des Testzeichens weiter aufgegliedert wird. Das geschah bei TA3 in Test 5 und 6. Hier wird deutlich, daß die Wirkung eines Testzeichens stark von seiner Kontur abhängt. In den folgenden Tests 7 und 8 wird jedoch deutlich, daß der Grad der Offenheit allein nicht ausreicht, um ein Testzeichen besonders reaktionsauslösend zu gestalten. Die Tests 9 und 10 deuten darauf hin, daß ein Testzeichen dann besonders stark wirkt, wenn es neben einem großen Umfang auch in seiner Gesamtstruktur dem Kreuz ähnelt. Es bestand auch die Möglichkeit, daß die Tiere die runden Außenkanten der Testzeichen registrierten und sich in Wahlversuchen daran orientierten, wenn sie differenzieren sollten. Deshalb erschien es zweckmäßig, in der folgenden Testreihe, die über die Bedeutung des Winkels zwischen den Kreuzarmen

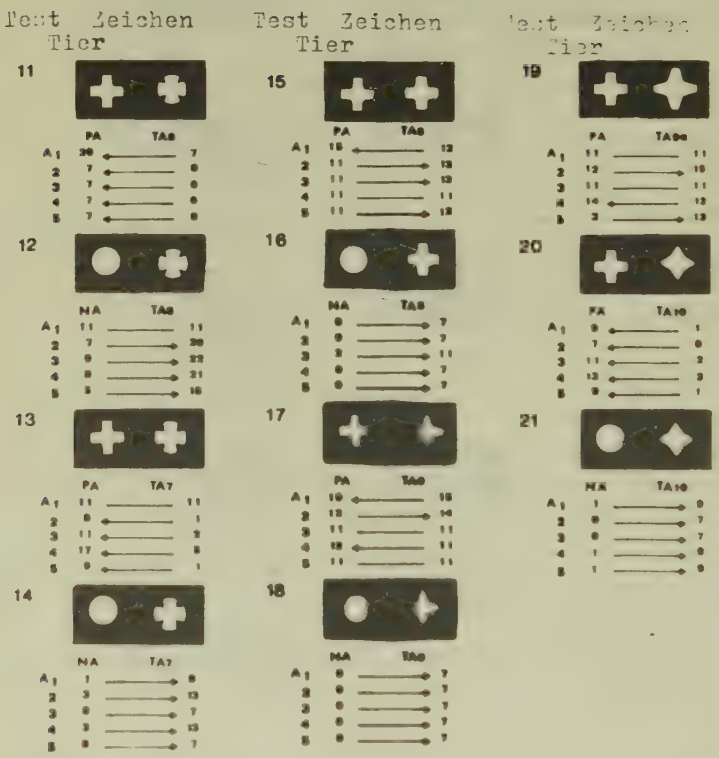


Abb. 10

Wahlversuche zwischen Dressur- und Testzeichen mit unterschiedlich großen Winkeln zwischen den Kreuzarmen

Aufschluß bringen sollte, zumindest die Kanten, die den Winkel umschlossen, geradlinig zu halten. Aus technischen Gründen wurden jedoch die Endkanten der Balken abgerundet. (Abb.1o)

Die Testzeichen TA 6-1o waren mit Ausnahme von TA9a alle flächengleich mit den Dressurzeichen. Die Intervalle zwischen den unterschiedlichen Testzeichenwinkeln betrugen 3o°. Das Testzeichen TA6 wies Winkel von 3o° auf, während TA1o mit 15o° Winkeln ausgestattet war. Die Testergebnisse zeigen, daß ein Testzeichen mit 9o° Winkeln besonders stark reaktionsauslösend wirkt. Dieser Sachverhalt ist bei TA8 gegeben. Dieses Testzeichen unterscheidet sich nur durch die abgerundeten Balkenenden und die dadurch minimal verkürzten und verbreiterten Balken vom Positivzeichen. Das Testzeichen TA9 mit 12o° Winkeln bleibt in seiner Wirkung leicht hinter TA8 zurück. Allerdings zeigte es sich in Test 19, daß man den Reizwert eines Testzeichens auch durch eine Vergrößerung der Weißfläche des Testzeichens anheben konnte. TA9a in Test 19 ist flächengrößer als TA9 und auch als das Positivzeichen. Dadurch wirkt es stärker reaktionsauslösend als TA9. (siehe auch Test 56 in Abb.17) In den Tests 22 und 23 sollte daher überprüft werden, ob eine Verkleinerung der Testzeichenfläche auch einen Abfall der reaktionsauslösenden Wirkung bedingen würde. Das Testzeichen TA11 unterscheidet sich von

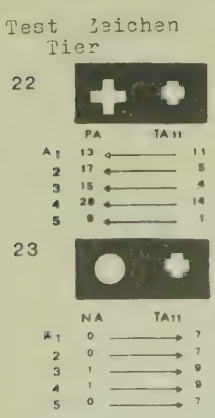


Abb. 11

Wahlversuche zwischen Dressur- und kleinen Testzeichen

dem Positivzeichen dadurch, daß die Balkenlänge der Kreuzarme um 5o% verkürzt ist. Das verkleinerte Kreuz wirkt weniger stark als das Positivzeichen, aber immer noch viel stärker als das Negativzeichen, wie die Tests 22 und 23 zeigen. Dieses Ergebnis läßt zwei Interpretationsmöglichkeiten zu. Erstens konnte die reaktionsauslösende Wirkung des Testzeichens deshalb geringer sein als die des Positivzeichens, weil seine Weißfläche reduziert war. Zum anderen konnte der Reizwert deshalb geringer sein, weil die Proportionen der Kreuzarme verändert waren. Beim Positivzeichen stehen Armlänge zu Armdicke im Verhältnis 1:1. Beim Testzeichen ist dieses Verhältnis 1/2:2. Im Weiteren sollte untersucht werden, ob die Tiere sich bei der Dressur überhaupt das gesamte Positivzeichen eingeprägt hatten. (HINDE, 1973). Deshalb wurde in den Tests 24-27 (Abb.12) ein modifiziertes Kreuz angeboten. In Test 24 und 25 war der obere Kreuzbalken abgeschnitten (TA12). Test 24 zeigt deutlich, daß die Tiere das Fehlen eines Balkens am oberen Ende der Testfigur

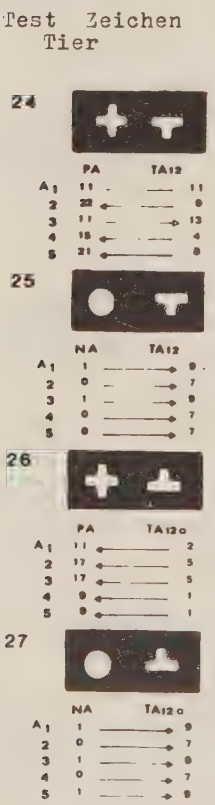


Abb. 12

Wahlversuche zwischen Dressur- und Testzeichen mit Modifikationen in der oberen oder unteren Hälfte

bemerken. Zum Vergleich wurde bei Testzeichen TA12a der untere Balken fortgelassen. Der Vergleich der Ergebnisse der Tests 24 und 26 zeigt, daß eine Modifikation des Kreuzes in der unteren Hälfte stärker beachtet wird als eine vergleichbare Veränderung der oberen Hälfte. Dieses Ergebnis ist einleuchtend, wenn man bedenkt, daß die Tiere, wenn sie in der Apparatur vor den Zeichen stehen, zu ihnen aufblicken müssen. Die Mitte der Symbole lag jeweils 8 cm über der Lauffläche.
In Test 28 und 29 (Abb. 13) wird gezeigt, daß die Lage des Kreuzes von untergeordneter Bedeutung ist.

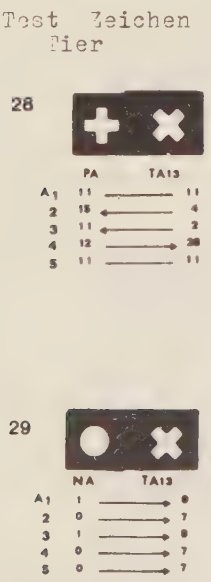


Abb. 13

Wahlversuche zwischen Dressur- und Testzeichen mit einem um 45° gedrehten Kreuz

Auch eine Umkehrung der Farben bemerken nur zwei der fünf Tiere. In den Tests 3o und 31 wurde den Tieren ein schwarzes Kreuz auf weißem Hintergrund neben den Dressurzeichen angeboten. Die Versuchstiere reagierten dagegen stärker, wenn ein graues Kreuz (Test 32 und 33) oder ein rotes Kreuz (Test 34 und 35) auf schwarzem Untergrund angeboten wurde. Aus den Ergebnissen der Tests 3o-35 läßt sich daher schließen, daß auch der Helligkeitskontrast zwischen dem Zeichen und seinem Hintergrund als Unterscheidungskriterium berücksichtigt wird.

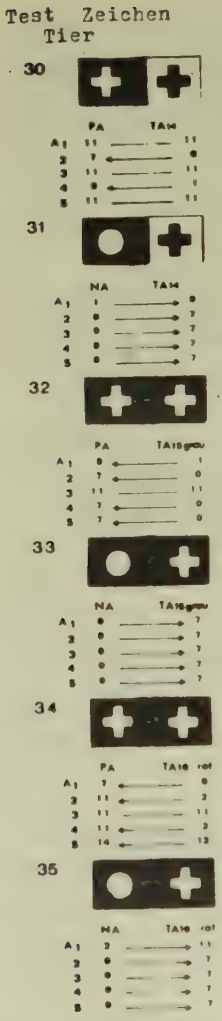


Abb. 14

Wahlversuche zwischen Dressur- und Testzeichen mit unterschiedlichen Farben und Helligkeitskontrasten

Die nun folgenden Tests 36-45 (Abb.15) sollten zeigen, ob die Ratten differenzierten, wenn eine unterschiedliche Zahl der Kreuzarme im Testzeichen verkürzt war. Die Ergebnisse sprechen dafür, daß die Tiere die Veränderungen an den Testzeichen TA17 bis TA21 sehr wohl bemerken. Allerdings lassen sich in den Reaktionen keine signifikanten Unterschiede nachweisen.

Die Testreihe mit Tests 46-52 (Abb.16) stellt Kontrollversuche dar, die zeigen sollen, ob die in den vorangegangenen Tests festgestellten größeren Reizwerte einzelner Testzeichen sich auch bestätigen, wenn man die unterschiedlich stark reaktionsauslösenden Testzeichen einander gegenüberstellte.

Die Tests 5-10 hatten gezeigt, daß ein Testzeichen dann besonders wirksam ist, wenn der Grad der Offenheit des Symbols erhöht wird. Ferner ließen sie erkennen, daß der Reizwert einer Figur auch dadurch festgelegt ist, daß

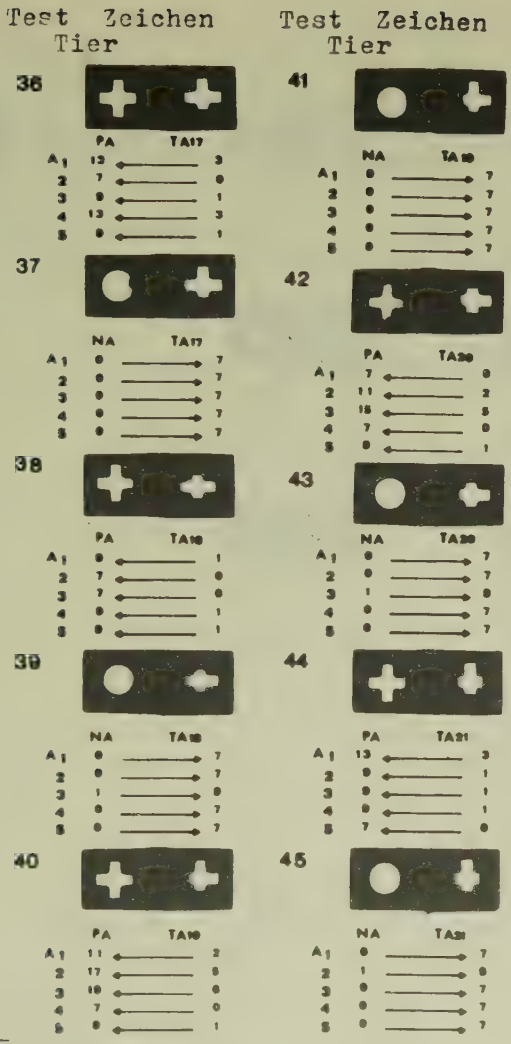


Abb. 15

Wahlversuche zwischen Dressur- und Testzeichen mit unterschiedlich stark modifizierten Dreiecken

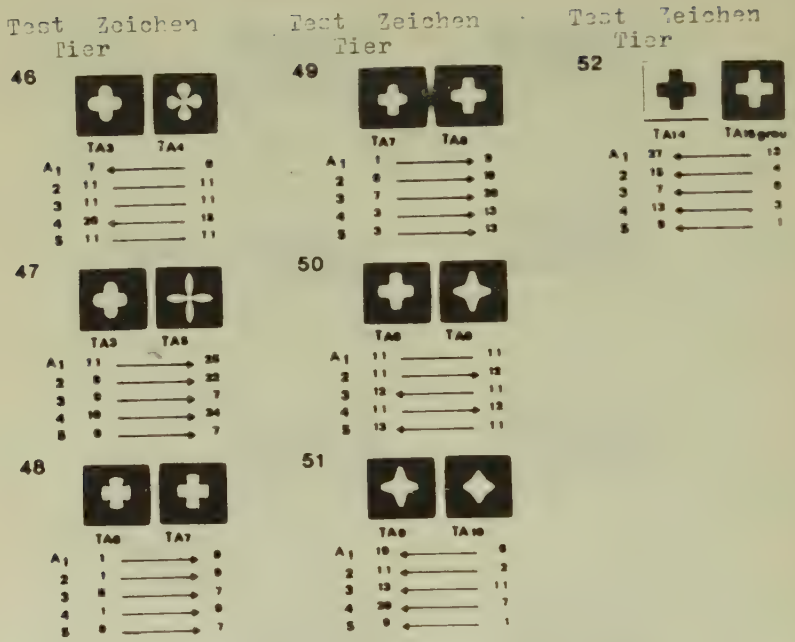


Abb. 16

Vergleichende Kontrollversuche zur Überprüfung der bislang erzielten Testergebnisse

die Gesamtstruktur kreuzähnlich sein muß. Die Tests 46 und 47 bestätigen diese Erkenntnis. Das Testzeichen TA3 ist in seiner Struktur dem Dressurkreuz aufgrund der kompakten Innenfläche ähnlicher als TA4 und wurde ihm im Test 46 auch von einer Ratte signifikant und von einer anderen schwach vorgezogen. Die restlichen drei Tiere differenzierten nicht. TA5 ist viel "offener" als TA3 und außerdem kreuzähnlich. Test 47 zeigt, daß alle fünf Tiere TA5 signifikant dem TA3 vorzogen.

Offensichtlich wird der geringere Reizwert, den eine nicht vorhandene kompakte Innenfläche bedingt, durch einen hohen Grad an Offenheit angehoben. Diese Ergebnisse stimmen also mit denen der Tests 5-1o überein.
Im Weiteren sollte überprüft werden, ob sich auch die in den Tests 11-21 erzielten Erkenntnisse unter abgewandelten Versuchsbedingungen bestätigen würden. Die in den Tests 11-21 verwandten Testzeichen wurden in Wahlversuchen einander gegenübergestellt. Die Tests 48-51 bestätigen die Ergebnisse der Tests 11-21.
Die Testzeichen, die zwischen ihren Kreuzarmen einen Winkel von 9o° oder 12o° aufweisen, wirkten stärker reaktionsauslösend als Zeichen mit geringerem oder größerem Winkel. Die Kontrollversuche wurden durch Test 52 abgeschlossen. Die Tests 3o-35 hatten gezeigt, daß die Tiere sich vorwiegend nach dem Helligkeitskontrast zwischen Testzeichen und Hintergrund orientierten. Besonders groß war dieser Kontrast bei TA14. Hier entsprach er dem der Dressurzeichen. Bei TA15 war er geringer, da das Kreuz hier aus grauem D-c-Fix bestand. Weniger gravierend war der Kontrast auch bei TA16, welches ein grellrotes Kreuz auf schwarzem Grund darstellte. Zu dem geringeren Kontrast kam bei diesem Zeichen noch eine weitere Abweichung vom Dressurzeichen: die grellrote Farbe. Dennoch war die Reizwirkung von TA16 größer als die von TA15. Da ich innerhalb meiner Versuchsreihen nicht feststellen konnte, ob TA16 aufgrund seiner Farbe spontan oder wegen eines anderen Helligkeitswertes des roten Kreuzes bevorzug wurde, verwendete ich für weitere Untersuchungen TA15, das graue Kreuz auf schwarzem Hintergrund. Die Ergebnisse der Tests 3o-33 wiesen darauf hin, daß TA14 stärker reaktionsauslösend wirkte als TA15. In Test 52 wird bestätigt, daß die Größe des Kontrasts zwischen Kreuz

und Hintergrund von den Tieren stärker beachtet wurde als die Helligkeit, die das Kreuz ausstrahlte. Nachdem ich zeigen konnte, daß die Ratten sich bei Wahlversuchen nach Einzelmerkmalen des Kreuzes orientierten, wollte ich untersuchen, ob es möglich war, unter Erhaltung der reaktionsauslösenden Merkmale bei gleichzeitiger Verstärkung einzelner Reize ein "supernormales Objekt" zu verwirklichen. (Abb. 17

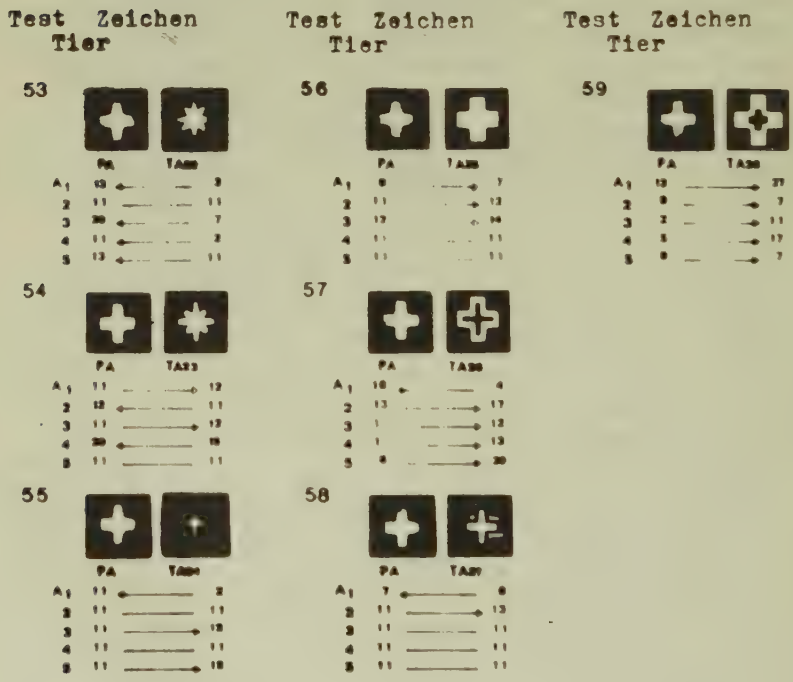


Abb. 17

Wahlversuche zur Entwicklung eines 'supernormalen Objekts"

Die Tests hatten gezeigt, daß die Ratten sich beim Wiedererkennen des Kreuzes sowohl nach dem Kreuzschema als auch nach dem Grad der Offenheit orientierten. Beide Kriterien wirkten positiv auf das Verhalten der Tiere.
Deshalb entwarf ich ein Testzeichen (TA22), dessen Entstehung man sich so vorstellen muß, daß auf ein aufrecht stehendes Kreuz ein weiteres, um 45^{o} gedrehtes projiziert ist. Damit dieses Zeichen nicht wie eine achteckige Fläche wirkte, waren die Arme nur halb so dick wie bei dem Dressurkreuz. Dennoch war die Struktur dieses Zeichens nicht sehr kreuzähnlich. TA22 wirkte subjektiv eher wie eine Kreisscheibe mit ausgeschnittenen Sektoren. Die Mehrzahl der Versuchstiere bevorzugte hier das Positivzeichen signifikant.
Um die Struktur kreuzähnlicher zu gestalten, wurden bei TA23 die Arme des um 45^{o} gedrehten Kreuzes um 50% verkürzt. Bei den Wahlversuchen in Test 54 wurde das Positivzeichen dem TA23 gegenübergestellt. Hier traten keine signifikanten Bevorzugungen des Positivzeichens mehr auf. Ich führte das darauf zurück, daß TA23 von den Tieren als kreuzähnlicher als TA22 bewertet wurde. Zwar stimmten hier die Proportionen der Kreuzarme des Testzeichens nicht mit denen des Positivzeichens überein, dafür war der Grad der Offenheit beim Testzeichen höher.
Das Testzeichen TA24 stellt ein weißes Kreuz auf schwarzem Hintergrund dar, dessen Arme jedoch nur halb so breit sind wie die des Positivzeichens. Der Grad der Offenheit ist demnach größer als der des Positivzeichens. Die Gesamtstruktur ist dabei stark kreuzähnlich und die Kanten des Testzeichens sind geradlinig. In Test 55 bevorzugte nur ein Tier des Positivzeichen signifikant. Während zwei der Tiere keinerlei Bevor-

zugungen zeigten, trat bei zwei weiteren eine schwache Tendenz in Richtung TA24 auf. Sie ist nicht signifikant und derart unbedeutend, daß man sie vernachlässigen kann.

In Test 19 hatte sich gezeigt, daß als reaktionsauslösendes Merkmal auch die Fläche des Testzeichens berücksichtigt wurde. Deshalb wurde in Test 56 dem Positivzeichen ein Testkreuz gegenübergestellt, welches sich vom Dressurkreuz nur durch die größere Fläche unterschied. Ein Tier bevorzugte dieses TA25 signifikant, zwei ganz schwach und zwei konnten es nicht vom Positivzeichen unterscheiden.

Im TA26 wurde der Grad der Offenheit dadurch erhöht, daß aus einem weißen, größerflächigen Kreuz ein dünnarmiges ausgeschnitten wurde, sodaß der schwarze Untergrund durchschien. Die Fläche des Dressurkreuzes entsprach der des Positivzeichens. Vier der fünf Tiere bevorzugten dieses Testzeichen. Lediglich Tier A1 zog das Positivkreuz signifikant vor.

Ein noch stärker kontrastiertes Zeichen (TA27) blieb in seiner reaktionsauslösenden Wirkung hinter der des TA26 zurück.

Aufgrund der bislang erzielten Testergebnisse schien es daher angebracht, ein Testzeichen zu entwerfen, welches flächengrößer und offener war als das Positivzeichen. Dabei mußte es Kreuzcharakter haben und das Verhältnis der Armlänge zur -breite 1:1 betragen. TA28 erfüllte diese Bedingungen. Eine größere Kontrastierung wurde dadurch hervorgerufen, daß ähnlich wie bei TA26 im Zentrum des weißen Kreuzes ein schwarzes erschien. Die Proportionen dieses schwarzen Kreuzes mußten das gleiche Verhältnis haben wie die des Positivzeichens. In Test 59 zogen alle Tiere TA28 signifikant dem Positivzeichen vor. TA28 kann demnach als "supernormales Objekt" angesehen werden.

c) Zusammenfassung

Zu den Ergebnissen, die mit der Gruppe A erzielt wurden, kann zusammenfassend gesagt werden, daß die Tiere gelernt hatten, ein Kreuz von einer Kreisscheibe zu unterscheiden. Sie orientierten sich dabei nicht nach der Komplexqualität des Kreuzes, sondern nach Einzelmerkmalen. Diese reaktionsauslösenden Einzelmerkmale waren:

1.) der Grad der Offenheit einer Figur
    (festgelegt durch Umfang dividiert durch die Fläche)
2.) der Winkel zwischen den Kreuzarmen
3.) die Größe der Figur
4.) der Kontrast zwischen Figur und Hintergrund
5.) das Verhältnis der Armlänge zur -breite.

Ferner wurde festgestellt, daß die Tiere sich vorwiegend die unteren Hälften der Figuren eingeprägt hatten. Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse war es möglich, ein "supernormales Objekt" zu entwickeln.

4. Gruppe B

a) Dressur

Positivzeichen: (PB)

Negativzeichen: (NB)

Die Gruppe B wurde einer kombinierten Futter- Strafreizdressur unterzogen. Diese Gruppe bestand aus vier Tieren (3 ♀♀, 1 ♂), die Wurfgeschwister und Nachkommen der Tiere A2 (♀) und A5 (♂) waren.
An dieser Gruppe wollte ich untersuchen, ob auch bei einer Dressur auf komplexere Dressurzeichen jedes einzelne Merkmal beachtet wurde.
Die Dressur begann, als die Tiere sieben Wochen alt und vorher in ähnlicher Weise wie die der Gruppe A an mich gewöhnt worden waren. Die Dressurzeichen waren nach dem schon bekannten Verfahren hergestellt worden. Sie unterschieden sich nicht so gravierend im Grad der Offenheit voneinander wie PA und NA. Vielmehr waren sie gleichwertig offen. Da es sich um sehr komplexe Zeichen handelte, war zu erwarten, daß die Tiere länger brauchen würden, um sie unterscheiden zu können. Deshalb entschloß ich mich für eine kombinierte Futter-Strafreizdressur. Wenn die Tiere zur richtigen, mit dem Positivzeichen ausgestatteten Tür liefen, konnten sie diese öffnen und sich auf dem Rücklaufbrett ihre Belohnung holen. Irrten sie sich aber und versuchten die verriegelte Tür mit dem Negativzeichen zu öffnen, bekamen sie einen elektrischen Schlag. Abgesehen von den Dressurzeichen bestand hierin ein weiterer Unterschied zur Gruppe A. Ein dritter Unterschied war darin zu sehen, daß ich mit den Tieren der Gruppe B keine Vordressur durchführte. So wollte

ich von vornherein vermeiden, daß sich Seitenstetigkeiten ausprägten.
Den Verlauf der Dressur geben die Lernkurven auf Abb.18 wieder. Da die Tiere nicht mit der Apparatur vertraut waren, mußte ich sie am ersten und Tier B4 auch noch am zweiten Tag mit der Hand auf der Lauffläche dirigieren.
Obwohl ich keine Vordressur durchgeführt hatte, blieb es nicht aus, daß während der Dressur gelegentlich spontane Seitenbevorzugungen auftraten. Sie konnten jedoch im allgemeinen schnell überwunden werden.
Trotz der elektrischen Strafreize dauerte die Dressur wesentlich länger als bei der ersten Gruppe. Erst nach hundert Tagen, als jede Ratte 2ooo Durchläufe absolviert hatte, konnten die Tests beginnen, da die Irrtumsrate bei allen vier Tieren im allgmeinen nicht über 2o% hinausging.

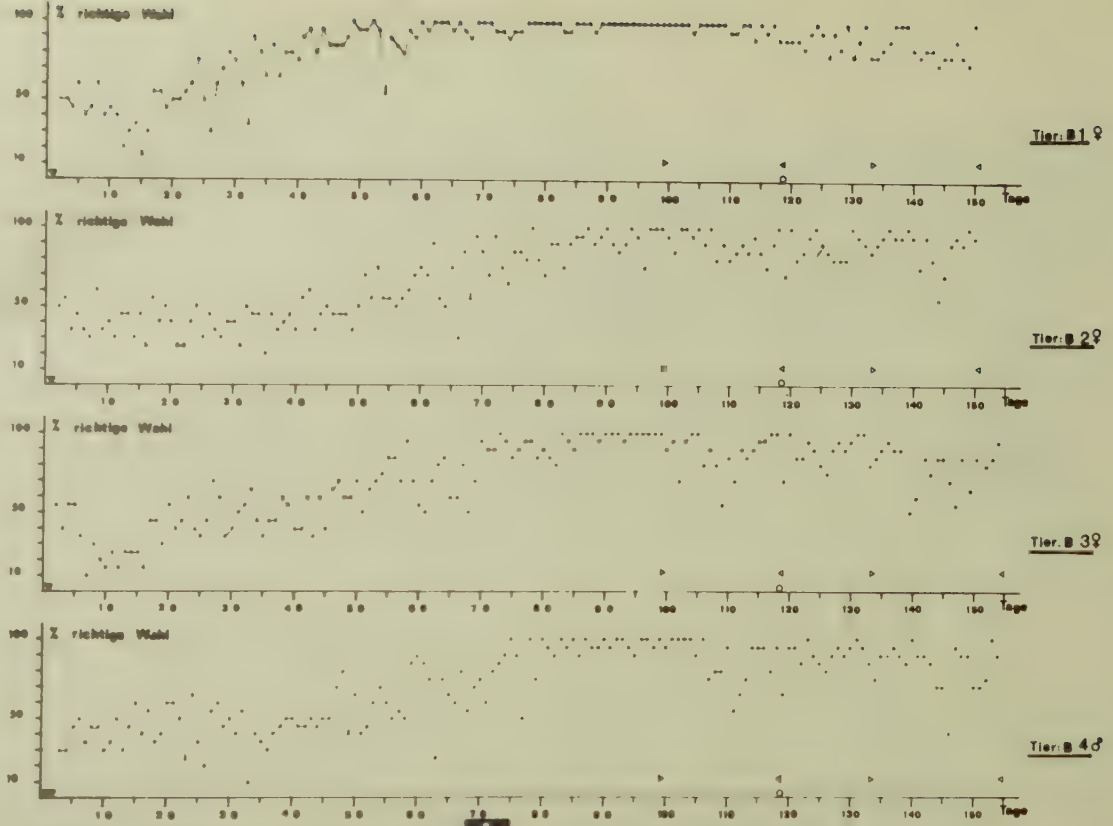


Abb. 18 LERNKURVEN der Gruppe B.

b) Tests

Die Tests der Gruppe B wurden genauso wie die der Gruppe A durchgeführt. Beide Klapptüren waren geöffnet. Die Tiere wurden nach jedem Durchlauf belohnt. Der Strafreiz wurde nicht gegeben. Wenn an einem Tag während der Tests Seitenstetigkeiten auftraten, wurden die Tests abgebrochen und am folgenden Tag neu begonnen. In den Tests 60-63 (Abb.19) sollte zunächst untersucht werden, ob es auch hier möglich war, die Dressursituation zu verändern, ohne daß die Dressur zusammenbrach. Deshalb wurde in Test 60 neben dem Negativzeichen (NB) ein rotes Positivzeichen (TB1) angeboten. Alle Ratten der Gruppe B bevorzugten signifikant das Testzeichen TB1. Dafür konnten mehrere Gründen verantwortlich sein:

1.)es konnte hier eine spontane Bevorzugung der roten Farbe vorliegen

2.)es war möglich, daß die Tiere aufgrund der Strafreize des Negativzeichen fürchteten und deshalb mieden. (s.Abb.21-23)

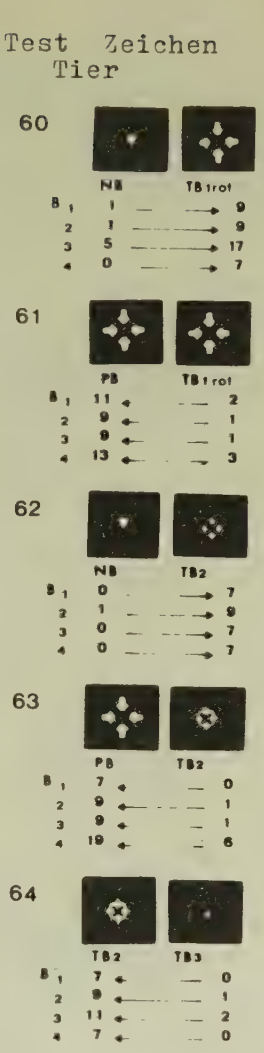


Abb. 19

Wahlversuche zwischen Dressur und modifizierten Dressurzeichen

3.) schließlich konnte es sein, daß die Tiere TB1 vorzogen, weil es in der Form dem Positivzeichen glich.

Das Ergebnis von Test 61 schließt eine spontane Bevorzugung der roten Farbe im Test 60 aus, da die Tiere hier in Wahlversuchen zwischen PB und TB1 das Positivzeichen signifikant vorzogen. Bei einer spontanen Rotbevorzugung wäre TB1 stärker reaktionsauslösend gewesen.

Auch eine Verkleinerung der Fläche des Positivzeichens in den Tests 62 und 63 verursachte keinen Zusammenbruch der Dressur. TB2 unterscheidet sich nur durch die Größe von PB. TB2 hat einen größeren Reizwert als NB, es wirkte jedoch schwächer als PB.

In Test 64 (Abb.19) wurden den Tieren zwei Testzeichen angeboten, die in der Form den Dressurzeichen bis auf die Größe gleichen. Ihre Fläche ist um 50% verkleinert. Ähnlich wie in der Dressursituation entschieden sich die vier Ratten für das Testzeichen, welches die Form des Positivzeichens hatte.

Die Ergebnisse der Tests 60-64 zeigen, daß auch hier die Dressur nicht zusammenbricht, wenn die Dressur situation verändert wird.

In weiteren Tests sollte geklärt werden, an welchen Merkmalen die Tiere ihr Positivzeichen erkannten. In einer Testreihe (Abb.20) wurde jeweils neben dem Positivzeichen ein modifiziertes angeboten. In den Tests 65-68 wurden Testzeichen eingesetzt, in denen immer eine Merkmalsgruppe, die das Positivzeichen aufwies, fortgelassen worden war. Die Veränderung bei TB4 in Test 65 wurde von den Tieren fast garnicht bemerkt. PB und TB4 wurden nahezu gleich oft angelaufen. Deutlicher bemerkten sie die Veränderung bei TB5. In Test 66 wurde daher PB von zwei Tieren signifikant

vorgezogen.

Bei TB4 und TB5 waren Veränderungen an der Außenkante vorgenommen worden. Die nächsten Testzeichen wiesen Abwandlungen in der Innenstruktur auf. Dadurch, daß bei TB6 die vier kleinen, schwarzen Quadrate fehlen,

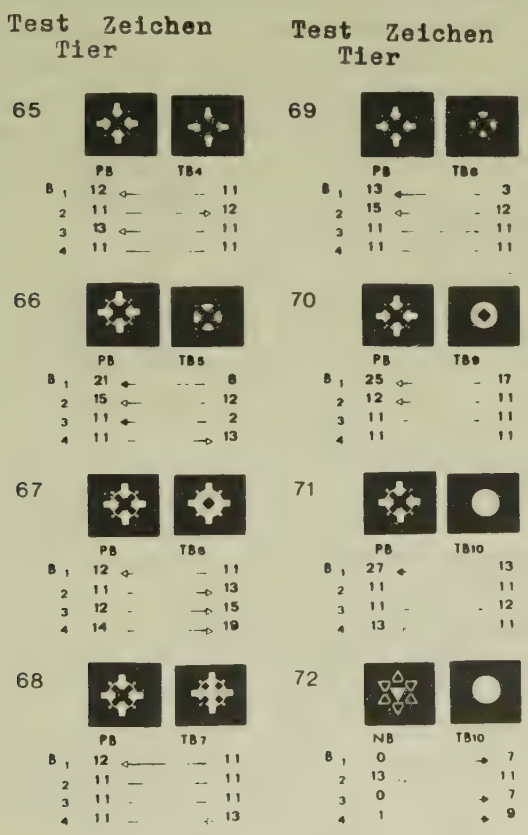


Abb. **20**

Wahlversuche zwischen Dressur- und stufenweise abgewandeltem Positivzeichen

wird die Weißfläche der Figur größer. Es traten jedoch keine signifikanten Bevorzugungen auf. Eine größere Weißfläche hat auch TB7 in Test 66. Dennoch konnten die Ratten insgesamt TB7 nicht von PB unterscheiden. Daß die hier vorgenommenen Veränderungen von den Tieren nicht beachtet wurden und sie beide Zeichen gleich oft anliefen, ist verständlich, wenn man die Testergebnisse der Tests 24-27 (Abb.12) der Gruppe A berücksichtigt. Hier hatte sich gezeigt, daß die Ratten sich vorwiegend nach der unteren Hälfte der Zeichen orientierten. Da außer bei TB5 die Veränderungen an den Testzeichen keine signifikanten Bevorzugungen ausgelöst hatten, wurden die Testzeichen TB8, 9 und 1o stärker abgewandelt. Die Mehrzahl der Tiere beachtete diese Veränderungen nicht. Lediglich Tier B1, welches schon in anderen Tests ganz schwach auf die Veränderungen reagiert hatte, differenzierte in zwei der drei Tests signifikant. Diese Testergebnisse bestätigten in zwei Punkten andeutungsweise Ergebnisse, die auch schon mit der Gruppe A erzielt worden waren. Nämlich, daß eine größere Weißfläche den Reizwert eines Testzeichens erhöhte, und daß die Tiere sich vorwiegend nach der unteren Hälfte der Zeichen orientierten. Da in den Tests 6o-71 der Reizwert der Testzeichen offenbar sehr groß war, wurden sie nicht noch zusätzlich neben dem Negativzeichen angeboten. Nach den Testergebnissen der Gruppe A war zu erwarten, daß die Ratten der Gruppe B das Testzeichen dem Negativzeichen in allen Fällen vorgezogen hätten. Der Kontrollversuch Test 72 beweist diese Vermutung. Es entstand der Eindruck, daß die Tiere der Gruppe B sich keine Details des Positivzeichens eingeprägt hatten.

Andererseits schienen sich die Ratten das Negativ-

zeichen genauer eingeprägt zu haben. In Test 72 mieden drei der vier Tiere das Negativzeichen zugunsten einer weißen Kreisscheibe (TB1o). In Test 71 hatten drei Ratten TB1o nicht signifikant von PB unterscheiden können.

Es lag daher nahe, zu testen, ob die Tiere sich in der Dressur nach PB oder NB gerichtet hatten (Abb.21). In Test 73 wurde neben dem Positivzeichen einer schwarze Platte ohne weißes Symbol angeboten. Drei Ratten konnten sich nicht signifikant entscheiden, während ein Tier sogar die schwarze Scheibe signifikant dem Positivzeichen vorzog. Wurde dagegen eine schwarze Fläche neben dem Negativzeichen angeboten, wie es in Test 74 geschah, mieden alle Tiere signifikant das Negativzeichen. Diese Testergebnisse sprechen eindeutig dafür, daß ich eine Negativdressur erzielt hatte. Durch die elektrischen Strafreize hatten die Tiere Angst vor dem Negativzeichen bekommen. Sie orientierten sich in der Dressur nicht nach dem Positivzeichen sondern nach NB, welches sie bewußt mieden. Diese Situation wollte ich nutzen, um zu untersuchen, ob auch das Negativzeichen aufgrund unterschiedlicher Einzelmerkmale erkannt wurde (Abb.22).

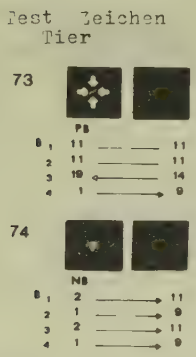


Abb. 21
Wahlversuche zwischen Dressurzeichen und einer schwarzen Scheibe

In Test 75 wurde den Ratten ein auf einer Spitze

stehendes weißes Dreieck (TA2) angeboten. Alle Ratten bevorzugten signifikant TA2 vor NB. In weiteren Tests wollte ich dieses Testzeichen stufenweise dem Negativzeichen anpassen. So konnte ich Zeichen mit unterschiedlichen Reizwerten erhalten. TB11 stellt einen sechszackigen Stern dar. In Test 76 bevorzugten ihn

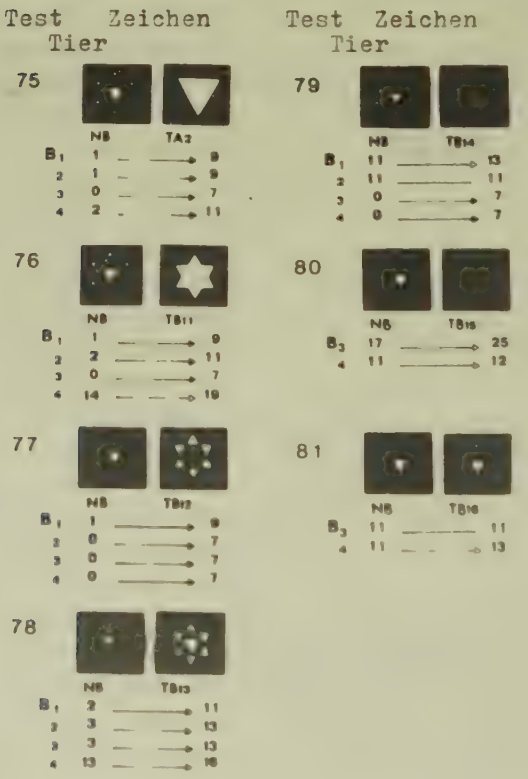


Abb. 22

Wahlversuche zwischen Negativ- und modifizierten Negativzeichen

alle Ratten. Eine jedoch nicht signifikant. Bei diesen Tests wurde deutlich, daß die Tiere eine sehr starke Angst vor dem Negativzeichen hatten. Sie arbeiteten nur sehr zögernd in den Versuchen. Um sie nicht völlig zu verängstigen, gewährte ich den Ratten eine sechswöchige Arbeitspause. Danach dressierte ich sie 16 Tage lang ohne Strafreiz nach.
Nach der Arbeitspause wurde kein Abfall der Lernleistung bemerkt.
Nachdem sich die Tiere während er 16 Nachdressurtage wieder gut an die Apparatur gewöhnt hatten, setzte ich die Tests fort.
TB12, ein Stern aus sechs weißen Dreiecken, wurde in Test 77 von allen Tieren signifikant dem Negativzeichen vorgezogen. Auch TB13 wirkte in Test 78 weniger abschreckend als das Negativzeichen. Lediglich Tier B4 unterschied es nicht signifikant von NB.
Die in den folgenden Tests eingesetzten Zeichen ähneln dem Negativzeichen insofern, als ihre Außenkante auch nur aus einer dünnen Linie besteht. In Test 79 konnten nur zwei Ratten einen sechszackigen Stern (TB14) signifikant von NB unterscheiden. In den beiden folgenden Tests wurde deshalb nur mit diesen beiden Tieren weitergearbeitet.
TB15, welches in seiner Struktur dem Negativzeichen noch ähnlicher war als alle bislang eingesetzten Testzeichen, wurde zwar bevorzugt angelaufen, aber die Bevorzugung war nicht signifikant. TB16 stellt einen sechszackigen Stern mit zentralem Dreieck dar. Hierwar es beiden Tieren nicht möglich, dieses Testzeichen von NB zu unterscheiden.
Vergleicht man die Testergebnisse der Tests 75-81 miteinander, so entsteht der Eindruck, daß die Tiere B1 und 2 sich beim Wiedererkennen des Negativzeichens

vorwiegend nach der Außenlinie der Figur orientierten. Die Tiere B3 und 4 hatten sich das Negativzeichen offensichtlich genauer eingeprägt. Sie richteten sich auch nach der inneren Struktur des Negativzeichens. Da die Testergebnisse keine signifikanten Unterschiede aufwiesen, wurden in einer Kontrollreihe (Abb.23) die Reizwerte der Testzeichen miteinander verglichen. Zwischen den Testzeichen TB11, TB12 und TB13 unterschieden die Ratten in keinem Fall signifikant. Allerdings wurde in Test 84 deutlich, daß der Feinstruktur der Außenkante der Zeichen eine übergeordnete Bedeutung zukommt. Die Tests 85 und 86 wurden wieder nur mit den Tieren B3 und 4 durchgeführt. Auch hier konnten keine signifikanten Unterscheidungen durch die Tiere nachgewiesen werden.

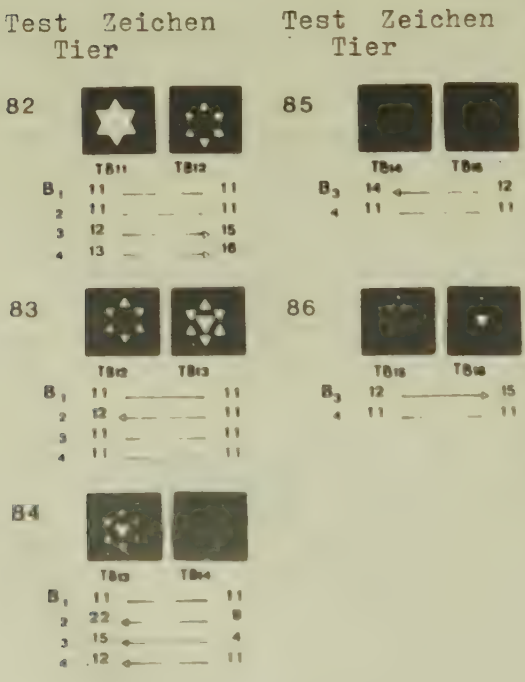


Abb. 23

Wahlversuche zwischen modifizierten Negativzeichen

c) Zusammenfassung

Zusammenfassend kann man sagen, daß die Ratten in den Tests 6o-64 zeigten, daß eine Veränderung der Dressursituation zulässig ist, ohne daß die Dressur zusammenbricht. Die Tiere bemerkten die Modifikationen und zogen daher in den Tests 61 und 63 das Positiv- den Testzeichen vor. Diese wurden in den Tests 6o und 62 dem Negativzeichen vorgezogen. In Test 64 liefen alle Ratten zu dem Zeichen, welches PB ähnelt.

In den Tests 65-71 stellt sich heraus, daß die Ratten Testzeichen dann nicht mehr von PB unterscheiden konnten, wenn sie weniger gravierende Abweichungen von PB aufwiesen. Im Verlauf der Tests ließ das Differenzierungsvermögen der Tiere außerdem soweit nach, daß sie in Test 71 nicht einmal eine Kreisscheibe vom Positivzeichen unterscheiden konnten. Wohl aber unterschieden sie diese vom Negativzeichen.

Diese Befunde sprachen dafür, daß eine Abdressur vom Negativzeichen erfolgt war. Die Kontrollversuche 73 und 74 beweisen diese Annahme.

Der Versuch, festzustellen, ob auch das Negativzeichen aufgrund verschiedener Einzelmerkmale erkannt wird (Abb.22 und 23), erbrachte, daß sich die Tiere vorwiegend an der Feinstruktur der Zeichenaußenkante orientierten.

Ein "supernormales Objekt" konnte für die Gruppe B nicht entwickelt werden.

Da es sich als überaus schwierig erwies, Einzelmerkmale des Negativzeichens auszutesten, weil die Tiere bei diesen Versuchen sehr scheu waren und auch ihre Lernleistungen erheblich nachließen (s.Abb.18), konnten die Testergebnisse nicht sehr ergiebig sein.

Deshalb wurde eine dritte Gruppe in einer straffreien Dressur auf die gleichen Zeichen konditioniert wie Gruppe B.

5. Gruppe C

a) Dressur

Positivzeichen: (PB)

Negativzeichen: (NB)

Die Gruppe C wurde einer Futterdressur unterzogen. Strafreize wurden nicht gegeben. Die Gruppe bestand aus vier Wurfgeschwistern (4 ♀♀), die mit den Tieren B3 (♀) und B4 (♂) gezogen worden waren.

Wie bei den anderen Gruppen wurden die Tiere eine Woche lang an mich gewöhnt, bevor die Dressur mit den siebenwöchigen Ratten begann. Für die Dressur wurden die Dressurzeichen der Gruppe B verwendet.

Da auch hier keine Vordressur durchgeführt worden war, mußten alle Tiere am ersten Tag durch die Apparatur geleitet werden. Erst am zweiten Tag hatten sie gelernt, die Klapptüren zu öffnen und liefen selbstständig.

Im Vergleich zu den Lernkurven der Gruppen A und B (Abb.3 und 18) weisen die Lernkurven der Gruppe C (Abb.24) sehr starke Schwankungen auf. Sie sind auf seitenstetes Verhalten der Tiere zurückzuführen. Seitenstetigkeiten traten bei der Gruppe C während der gesamten Dressurdauer auf. Als die Tiere nach über 100 Dressurtagen mit je 20 Durchläufen täglich die Dressur noch nicht beherrschten, mußten sie vom 109. Tag an 25 Durchläufe absolvieren. Dennoch war es auch bis zum 173. Tag nicht möglich, ein ähnlich gutes Leistungsniveau wie bei den ersten beiden Gruppen zu erzielen. Es fiel auf, daß die Leistung der Ratten an sehr heißen Tagen abnahm. Da keine Verbesserung der Lernleistungen deutlich wurde, begann ich am 173. Tag mit den Tests.

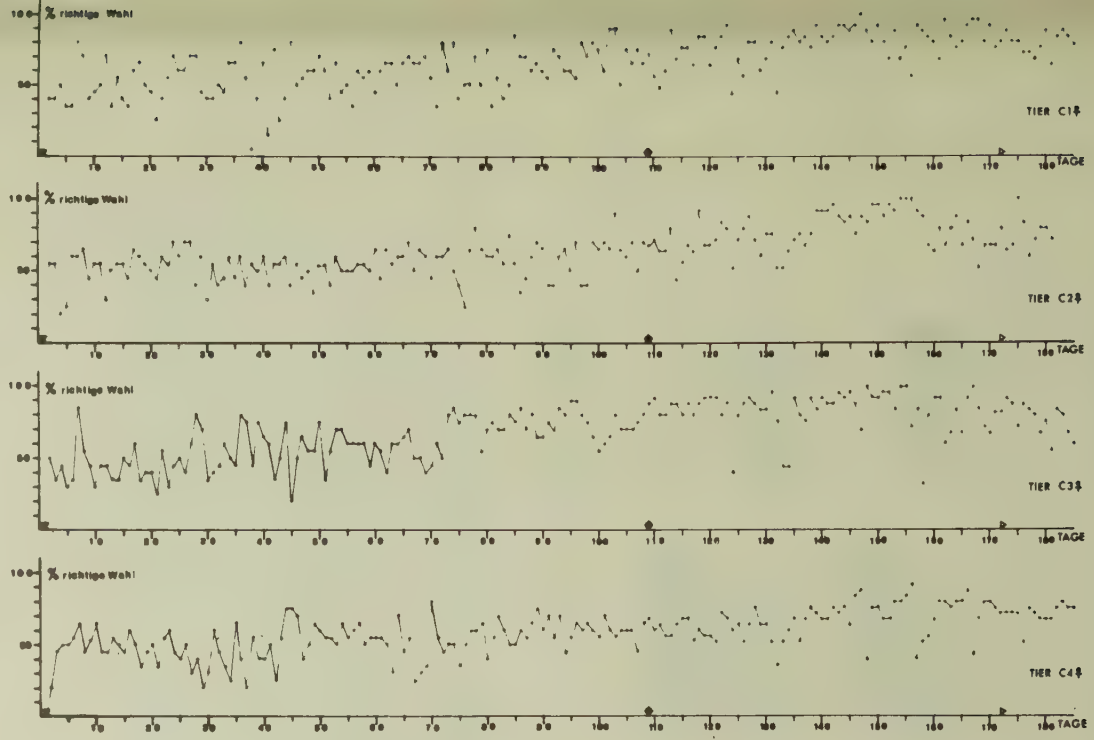


Abb. 24

LERNKURVEN der Gruppe C

Positivzeichen

Negativzeichen

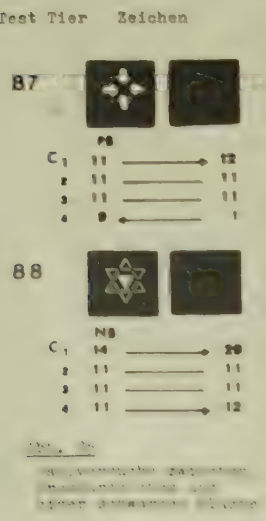
▼ Tier kann App. nicht bedienen

◆ von diesem Tag an wurden 25 Durchläufe statt 20 durchgeführt

▷ Beginn der Tests

b) Tests

Mit den Tests 87 und 88 sollte geklärt werden, ob eventuell wieder eine Negativdressur erzielt worden war. Deshalb wurde in Test 87 das Positivzeichen und in Test 88 das Negativzeichen neben einer schwarzen Scheibe angeboten. Auch bei diesen Tests waren immer beide Klapptüren unverriegelt. Die Testergebnisse sprechen nicht für eine Negativdressur. D.h. die Ratten mieden nicht alle eindeutig das Negativzeichen. Andererseits wurde das Positivzeichen nur in einem Fall signifikant der schwarzen Fläche vorgezogen. Es bestand daher die Möglichkeit, daß die Tiere zu ihrer Orientierung zwei Zeichen unterschiedlicher Form benötigten.



Zunächst schien es mir interessant festzustellen, ob ein modifiziertes Positivzeichen vom Positiv- oder Negativzeichen unterschieden werden konnte. In einer Testreihe (Abb. 2) wurden deshalb modifizierte Positivzeichen abwechselnd neben PB und NB angeboten. Bei TB4 waren alle vier Tiere in der Lage, das Testzeichen von NB zu unterscheiden. Der Reizwert dieses Testzeichens war so groß, daß die Tiere es in Test 89 nicht von PB unterscheiden konnten. Seine reaktionsauslösende Wirkung entspricht der von PB. In den Tests 91-94 wurde das Positivzeichen weiter stufenweise abgebaut. Dennoch differenzierten die Tiere weder im Vergleich mit dem Negativ- noch mit dem Positivzeichen.

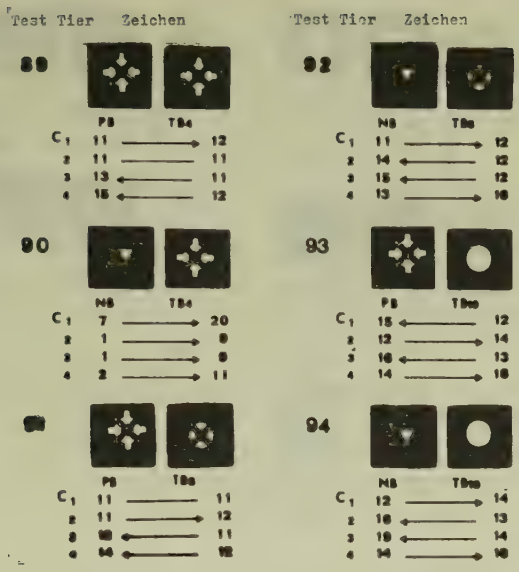


Abb. 26
Wahlversuche zwischen
Dressur- und stufenweise abgewandelten
Positivzeichen

Da die Möglichkeit bestand, daß die Ratten generalisierten und sich lediglich nach den Grundschemata der Dressurzeichen orientierten, wurde in Test 95 (Abb.27) ein auf einer Spitze stehendes Dreieck neben einer Kreisscheibe angeboten. Jedoch differenzierten die Tiere auch hier nicht. Ebenso blieb eine Bevorzugung eines Zeichens in Test 96 (Abb.27) aus. Hier war eine Verkleinerung der Dressurzeichen um 50% vorgenommen worden. In den Tests 97 und 98 wurden entweder das Positiv- oder das Negativzeichen gedreht. In beiden Tests wurde das Positivzeichen schwach

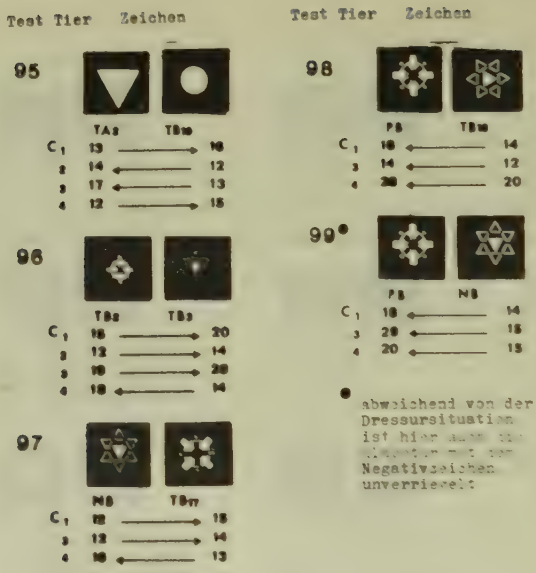


Abb. 27

Wahlversuche zwischen unterschiedlichen Dressur- und Testzeichen

bevorzugt. Allerdings trat in keinem Fall eine signifikante Bevorzugung auf.

Inzwischen war Tier C2 derart neurotisch geworden, daß es bereits bei den Tests 97 und 98 überhaupt nicht mehr mitgearbeitet hatte und daher ausschied.

Die Testergebnisse der Gruppe C ließen bis zu Test 96 mehrere Interpretationsmöglichkeiten zu.

Entweder hatte die Reizsummenregel hier keine Gültigkeit, oder die Tiere, die während besonders heißer Sommertage auch ihre Dressuraufgabe nur sehr schlecht lösten, konnten die Dressurzeichen noch nicht richtig unterscheiden und irrten sich daher schon bei kleinsten Veränderungen der Dressursituation.

Um eine Kontrolle über das Leistungsniveau der Ratten zu haben, bot ich in Test 99 (Abb.27) PB neben NB an. Allerdings waren abweichend von der Dressursituation beide Klapptüren unverriegelt.
Nachdem die Ratten festgestellt hatten, daß beide Türen passierbar waren, differenzierten sie nicht mehr. Zwar bevorzugten alle das Positivzeichen, aber nur eine mied signifikant das Negativzeichen.
Dieses Testergebnis bestätigte, daß die Tiere selbst nach 185 Tagen mit 4o8o Durchläufen noch nicht in der Lage waren, diese komplizierten Dressurzeichen voneinander zu unterscheiden. Eine Nachdressur schien hier nicht zweckmäßig, da nicht nur keine Besserung des Leistungsniveaus zu erwarten war, sondern zudem die Lernleistung der Tiere wieder schwächer wurde.

c) Zusammenfassung

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß diese Dressuraufgabe von den Tieren nicht befriedigend gelöst wurde. Extreme Hitzeperioden beeinflußten die Aktivität und Konzentration der Tiere negativ. Störend wirkten sich außerdem ständig wiederkehrende Seitenstetigkeiten aus, die nicht behoben werden konnten.
Da hier eine Bestrafung der Tiere bei Fehlentscheidungen unterblieb, waren sie nur schwach motiviert, die Dressurzeichen zu unterscheiden.
Da die Rate der Irrtümer unverändert relativ groß blieb, wurde mit den Tests begonnen, bevor die Tiere der Gruppe C ein Leistungsniveau zeigten, welches mit dem der Gruppen A und B vergleichbar war.
Die Tests ergaben, daß die Ratten nur in einem Fall (Test 9o) zwischen Dressur- und Testzeichen differenzierten. Ein Kontrollversuch zeigte, daß nur ein Tier nach 185 Tagen das Positivzeichen signifikant dem Negativzeichen vorzog, wenn beide Klapptüren unverriegelt waren.

6. Diskussion

Die Testergebnisse wurden bereits im Anschluß an die jeweiligen Untersuchungen erläutert. Im Folgenden möchte ich sie noch einmal im Hinblick auf die anfänglich dargelegte Zielsetzung erörtern. Bevor man die Forderung von LORENZ (1939) nach der Vollständigkeit aller Einzelmerkmale überprüfen konnte, mußte untersucht werden, welche Einzelmerkmale der Dressurzeichen reaktionsauslösend wirkten.
Besonders die Ergebnisse der Gruppe A, aber auch die der Gruppe B zeigten, daß die Tiere sich beim Wiedererkennen einer Gestalt nach Einzelmerkmalen orientierten. Entgegen LORENZ's Auffassung brach die Dressur nicht zusammen, wenn die Dressursituation durch Fortlassen einzelner Merkmale verändert wurde.
In den Tests der Gruppe A zeigte sich vielmehr, daß die reaktionsauslösenden Einzelmerkmale summativ zusammenwirkten.
Wenn die Einzelreize vollständig in einer Figur erhalten waren, und einzelne Merkmale durch Überbetonung besonders hervorgehoben wurden, war es sogar möglich, ein "supernormales Objekt" zu entwickeln. (LEYHAUSEN, 1967). Die Reizsummenregel, die SEITZ (1940) im Zusammenhang mit angeborenen Auslösemechanismen bei Cichliden aufgestellt hatte, wurde hier bei erlernten Auslösemechanismen bestätigt.
Es muß jedoch aufgezeigt werden, daß die Anwendbarkeit der Reizsummenregel nur bei einfachen Dressurzeichen nachgewiesen werden konnte. Bei komplizierten Dressurzeichen erwies sich die Dressur als überaus schwierig, und die Testergebnisse der Gruppe B zeigen lediglich, daß eine Dressursituation verändert werden kann, ohne daß die Dressur unwirksam wird. Die Untersuchungsmöglichkeiten dieses Problems werden durch das

Differenzierungsvermögen der Versuchstiere begrenzt, denn wenn die Ratten ihre Dressurzeichen nicht unterscheiden konnten, bestand auch keine Möglichkeit, reaktionsauslösende Einzelreize festzustellen. Während meiner Untersuchungen wurde deutlich, daß Ratten gut zwischen Kreuz und Kreisscheibe differenzieren können.

Die Dressurzeichen PS und NS waren wesentlich komplexer und sie unterschieden sich auch nicht so offensichtlich in ihrem Offenheitsgrad wie Kreuz und Kreis. Schon deshalb war für die Ratten eine Differenzierung sehr viel schwieriger.

Bei einer kombinierten Futter- Strafreizdressur waren die Tiere nach ca 100 Tagen in der Lage, diese komplexen Zeichen zu unterscheiden. Allerdings hatte der Strafreiz eine Negativdressur bewirkt, wenn kein Strafreiz gegeben wurde, waren die Ratten auch nach 185 Tagen nicht fähig, die Dressurreizmuster zu differenzieren. Eine Bestrafung bei Fehlentscheidungen kann demnach das Differenzierungsvermögen bei Ratten erhöhen.

Allerdings muß man dann, wie schon erwähnt, andere Nachteile in Kauf nehmen. Es scheint daher zweckmäßig, bei Dressur- und Differenzierungsversuchen auf relativ einfache Figuren zurückzugreifen, wie es auch in der Menschschule immer wieder geschieht. Zeichen wie Kreis, Kreuz, Dreieck, Quadrat, Streifenscharen oder Punktmuster und Schlangenlinien haben sich bewährt. (v.BONSDORFF, 1952; NEUMANN, 1957; REETZ, 1956).

Dressuren, in denen vergleichbar schwierige Zeichen differenziert werden sollten wie bei meinen Versuchsgruppen B und C sind mir bei Nagetieren nicht bekannt. Dennoch schien der Versuch einer solchen Dressur reizvoll, da die Dressurzeichen viele Variationsmöglichkeiten anbieten.

7. Zusammenfassung

Drei Gruppen von Ratten wurden in einer Futter- bzw. in einer kombinierten Futter- Strafreizdressur darauf dressiert, ein Positiv- von einem Negativzeichen zu unterscheiden. Danach wurde untersucht, ob sich die Tiere nach Einzelmerkmalen orientierten, oder ob sie nur die Gesamtstruktur der Zeichen beachteten. Dabei wurde festgestellt, daß sich die Tiere der Gruppe A nach folgenden Einzelmerkmalen orientierten:

1.) Grad der Offenheit der Figur
2.) Winkel zwischen den Kreuzarmen
3.) Größe der Figur
4.) Kontrast zwischen Figur und Hintergrund
5.) Verhältnis der Armlänge zur Armdicke beim Kreuz.

Außerdem orientierten sie sich vorwiegend nach der unteren Kante der Figur.
Durch besonderes Hervorheben einzelner Merkmale war es möglich, ein "supernormales Objekt" zu entwickeln.

Bei der Gruppe B war durch eine kombinierte Futter-Strafreizdressur eine Negativdressur erzielt worden. Hier orientierten sich die Tiere vorwiegend nach der Feinstruktur der Zeichenaußenkante.

Die Gruppe C war einer reinen Futterdressur unterzogen worden. Sie hatte also die gleichen Versuchsbedingungen wie die Gruppe A gehabt. Dennoch waren die Tiere C1-C4 nicht in der Lage, ihre Dressurzeichen zu unterscheiden. Selbst eine Dressurdauer von 185 Tagen änderte nichts an diesem Befund. Offensichtlich waren die Unterschiede der Zeichen für die Ratten nicht erkennbar. Es scheint notwendig zu sein, daß die Ratten sich zunächst an einigen grundsätzlichen

Unterschieden zwischen den Zeichen orientieren müssen, bevor sie sich weitere Einzelheiten der Figur einprägen. Daß sie sich Einzelheiten merken können, geht aus den Versuchen der Gruppe A hervor.

8. Literatur

BAERENDS, G.P.; BRIL, K.A.; BULT, P. (1964)
Versuche zur Analyse einer erlernten Reizsituation bei einem Schweinsaffen (Macaca nemestrina).
Z. Tierpsychologie 22

v. BOXBERGER, F. (1952)
Vergleichende Untersuchungen über das visuelle Lernvermögen bei weißen Ratten und weißen Mäusen.
Z. Tierpsychologie 9

HAGEMANN, E. (196o)
Ratte und Maus - Versuchstiere in der Forschung.
Walter de Gruyter und Co. Berlin

HEDIGER, H. (1934)
Zur Biologie und Psychologie der Zahmheit
Biol. Zentralblatt 54

HERTER, K. (1929)
Dressurversuche an Fischen.
Z. vergl. Tierphysiologie 1o

ders. (193o)
Weitere Dressurversuche an Fischen.
Z.vergl. Tierphysiologie 11

HINDE, R.A. (1973)
Das Verhalten der Tiere
Suhrkamp Verlag

HUBBERT, H.B. (1915)
The effects of age on habit formation in the albino rat.
Beh. Monogr.2

LASHLEY, K.S. (1932)
The structure and image-forming power of the rat's eye.
J. comp. Psychologie 13

LEYHAUSEN, P. (1967)
Die funktionellen Besonderheiten der Maus.
Antriebe tierischen und menschlichen Verhaltens.
Piper

LINDER, A. (1959)
Planen und Auswerten von Versuchen.
Reihe der experimentellen Biologie.
Birkhäuser Verlag

LORENZ, K. (1937)
Über den Begriff der Instinkthandlung.
Folia theoretica Bd.2

ders. (1939)
Vergleichende Verhaltensforschung.
Antriebe tierischen und menschlichen Verhaltens.
Piper

ders. (1954)
Das angeborene Erkennen.
Natur und Volk 84

MAIER, N.R.F. (1932)
Age and intelligence in rats.
J.comp. Psychologie 13

NEUMANN, G.-H. (1957)
Visuelle Lernfähigkeit primitiver Säuger.
Z. Tierpsychologie 18

OHM-KETTNER, I.-D. (1954)
Versuche zum Farbensehen der Fische.
Zool. Beiträge Neue Folge Bd.1

REETZ, W. (1956)
Unterschiedliches visuelles Lernvermögen
von Ratten und Mäusen.
Z. Tierpsychologie 14

RENSCH, B. (1957)
Ästhetische Faktoren bei Farb- und Formbevorzugungen von Affen.
Z. Tierpsychologie 14

ders. (1958)
Die Wirksamkeit ästhetischer Faktoren bei Vögeln.
Z. Tierpsychologie 15

SEITZ, A. (194o)
Die Paarbildung bei einigen Cichliden.
Z. Tierpsychologie 4

WÜNSCHMANN, A. (1962)
Quantitative Untersuchungen zum Neugierverhalten von Wirbeltieren.
Z. Tierpsychologie 2o

Lebenslauf

Am 25.1o.1948 wurde ich als Sohn des Arztes Dr.med. Gerhard Averbeck und seiner Ehefrau Gertrud, geb. Johann-to-Settel, in Osnabrück geboren. Nach vierjährigem Besuch der Heinrich-Schüren-Volksschule wechselte ich 1958 auf den neusprachlichen Zweig des Ratsgymnasiums Osnabrück über. Nachdem ich hier 1967 die Reifeprüfung abgelegt hatte, begann ich im Wintersemester 1967/68 an der Georg-August-Universität Göttingen Biologie und Chemie zu studieren. Das Studium beendete ich im Juni 1972 in Göttingen mit dem Staatsexamen in beiden Fächern. Das Thema der mir für das Biologie-examen von Herrn Prof. Kuenzer gestellten schriftlichen Hausarbeit "Dressurversuche an Fischen zur Analyse einer erlernten Reizsituation", war der Ausgangspunkt für die vorliegende Dissertationsarbeit. Mit den dafür erforderlichen Versuchen wurde im Oktober 1972 im II. Zoologischen Institut Göttingen bei Herrn Prof. Kuenzer begonnen.

Göttingen, 25.8.1975

Rudolf Averbeck

(Rudolf Averbeck)